

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **03167678 A**

(43) Date of publication of application: 19 . 07 . 91

(51) Int. Cl

G06F 15/62
G01B 11/24

(21) Application number: 01308038

(22) Date of filing: 28 . 11 . 89

(71) Applicant: ASIA KOSOKU KK

(72) Inventor:
SHIMAMOTO KOHEI
UCHIDA OSAMU
HIROTA CHIKAO
IKEDA TOSHIO

(54) **METHOD FOR OBTAINING THREE-DIMENSIONAL
NUMERICAL DATA FROM STEREO PICTURE
DATA**

(57) Abstract:

PURPOSE: To perform a 3-dimensional graphic process with high efficiency and at the same time to semiautomatically correct the mismatching by acquiring automatically the 3-dimensional information from the picture data via the stereo matching of a computer.

CONSTITUTION: The matching is automatically carried out between the right and left pictures via a computer with

the A/D conversion data corresponding to the picture data used as the input data. Thus the corresponding point between both pictures is obtained and outputted onto the right and left graphic displays. Then an operator designates a correct corresponding point via a cursor for the corresponding point having the abnormality and orders the computer to perform the matching again between both pictures. Thus it is possible to semiautomatically obtain the 3-dimensional data on each desired point of the picture data while correcting the matching abnormality via the computer.

COPYRIGHT: (C)1991,JPO&Japio

Best Available Copy

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許出願公告番号

特公平8-16930

(24) (44) 公告日 平成8年(1996)2月21日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 6 T 7/00

G 0 1 B 11/24

K

G 0 6 F 15/ 62

4 1 5

請求項の数1(全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平1-308038

(22) 出願日 平成1年(1989)11月28日

(65) 公開番号 特開平3-167678

(43) 公開日 平成3年(1991)7月19日

(71) 出願人 999999999

アジア航測株式会社

東京都世田谷区弦巻5丁目2番16号

(72) 発明者 嶋本 孝平

神奈川県横浜市旭区笹野台213-35 テラ

スハウス1-24

(72) 発明者 内田 修

神奈川県相模原市東林間8-3-12 第一

サンコーポ205

(72) 発明者 広田 智佳朗

神奈川県横浜市緑区しらとり台39-9 し

らとり台寮

(74) 代理人 弁理士 中村 稔 (外7名)

審査官 麻野 耕一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ステレオ画像データから3次元数値データを求める方法

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】ステレオ画像データから3次元データを求める方法において、画像データに対応するAD変換データを入力データとしてコンピュータを用いて、1画像データ単位で一括処理による左右の画像マッチングを自動的に行って左右の画像の対応点を求め、マッチングの良否を示す相関係数、残差自乗和によってマッチングの良くない箇所の対応点のみを左右のグラフィックディスプレイ上に出し、これらマッチング異常が発生している対応点についてはオペレータが正しいと思われる対応点をカーソルによって指定して再度コンピュータに左右の画像マッチングを行わせることにより、コンピュータによるマッチング異常を修正させながら、半自動的に画像データの所望の各点の3次元データを求めることを特徴とする方法。

2

【発明の詳細な説明】

産業上の利用分野

本発明は、人工衛星又は航空機等から得られた画像データを元にして、3次元計測を行い、このデータを用いて地形補正された画像を作成した必要に応じて自由に視点を変えた画像（鳥瞰画像）を作成するような3次元画像処理技術に関するものであり、特に、このような3次元画像処理技術において使用するのに適したような、画像データから3次元数値画像データを求める方法に関するものである。

従来の技術

この種の画像データから3次元数値画像データを求める方法は、数値地形モデル (Digital Terrain Mode 1)、いわゆるDTMを求める方法として知られており、現在、DTM作成方法としては次のようなものがある。

3

A. 地形図を用いる方法

現在、既成図(1/50000、1/25000等の地形図)を用いてDTMを取得する方法として、次に示す2通りの方法をあげることができる。

(1) マニュアルモード

この方法は、地形図にメッシュを引きコンターからメッシュ点の標高を読み取っていく方法である。

(2) スキャナーモード

この方法は、ドラムスキャナーによって地形図を読み込み、ラスタベクター変換、細線化処理、標高属性付加処理、メッシュ化処理を行いDTMを作成する方法である。

B. 解析図化機を用いる方法

(1) メッシュモード

この方法は、メスマークを指定したステップサイズでステップさせながら、DTMを作成していく方法である。

(2) コンターモード

通常の図化作業と同様に等標高値(コンター)を追跡していきながらランダム標高値を数値化していく方法である。

C. 汎用コンピュータを用いて全自動計測を行う方法

この方法は、航空写真のAD変換データを入力データとし、汎用コンピュータを用いて面積相関法によって左右の画像マッチングを自動で行い、DTMを取得する方法である。

発明が解決しようとする課題

前述したような各種DTM作成方法のうち、地形図を用いる方法は、ベースデータが地形図であるため、DTMの精度は写真から直接取得する方法に比較して劣るものであり、また、自動的に行われるものでないため、大変な作業であり、時間の掛かるものであった。また、解析図化機によるメッシュモードの方法によって取得したDTMからコンターを作成した場合、測定順序及びオペレータの熟練度によってコンターが波打つ現象が生じ、数回のスムージング処理を行わない限り、最終成果品とはならない。さらにまた、解析図化機によるコンターモードの場合には、メッシュモードに比較してコンターの精度は良いが、データ量が膨大(データを等距離、等時間モードで取得)となり且つランダムデータからメッシュデータ(DTM)に変換する必要性が生じる。

また、汎用コンピュータを用いて全自動計測を行う方法は、自動的にDTMを取得するという点で、前述した従来の方法に比べてオペレータの作業量は大幅に減少するのであるが、この際、標定計算は別途に行っておく必要がある上、膨大な画像データを用いた計算を行うため、汎用コンピュータでは相当な計算時間が必要とされ、さらに、一括処理によって得られたDTMデータは対応点のミスマッチングにより部分的に誤差が生じており、これらを修正するのが非常に困難であった。

本発明の目的は、前述したような従来の問題点を解決

4

しうるような、画像データから3次元数値画像データを求める方法を提供することである。

課題を解決するための手段

本発明によるステレオ画像データから3次元データを求める方法は、画像データに対応するAD変換データを入力データとしてコンピュータを用いて、1画像データ単位で一括処理による左右の画像マッチングを自動的に行って左右の画像の対応点を求め、マッチングの良否を示す相関係数、残差自乗和によってマッチングの良くない箇所10の対応点のみを左右のグラフィックディスプレイ上に出し、これらマッチング異常が発生している対応点についてはオペレータが正しいと思われる対応点をカーソルによって指定して再度コンピュータに左右の画像マッチングを行わせることにより、コンピュータによるマッチング異常を修正させながら、半自動的に画像データの所望の各点の3次元データを求めることを特徴とする。

実施例

次に、添付図面に基づいて、本発明の実施例について20 本発明をより詳細に説明する。

第1図は、本発明の一実施例としての画像データを用いた半自動3次元計測システムのフローチャートを示している。本発明によって、航空写真による画像データから3次元数値画像データを取得する場合について説明するに、先ず、第1図のフローチャートのステップ1に示すように、解析対象の航空写真をコンピュータで直接扱える形とするため、アナログからデジタルへデータ変換を行う。また、解析対象データが人工衛星データのようにデジタルデータの場合は、本システムで取り扱うことのできるフォーマットへフォーマット変換を行う。次に、ステップ2に示すように、コンピュータによる標定計算を行うための基準となる、写真の指標、パスポイント、基準点等の座標を計測する。座標計測の方法は、オペレータがCRT上に出力された計測対象画像を見ながら、測定点上にカーソルを移動し、座標を計測する。また、パスポイント計測の場合は、左右の画像を同時にCRT上に出し、2つのカーソルを用いて計測を行う。それから、ステップ3に示すように、標定計算を行う。

ここで、標定計算は、カメラの焦点距離、カメラのレンズの歪を求める内部標定と、撮影点(カメラ)の位置(X,Y,Z)、カメラ(センサー)の傾き(κ , ω , ϕ)を求める外部標定と、左右の写真の位置関係を求める相互標定と、左右の写真で形成されるモデルと地上との位置関係を求める対地標定(絶対標定)とを含むものであり、標定計算の手法は、通常解析写真測量の手法を用いて行われる。解析対象が航空写真ではなくスポットデータのような人工衛星データの場合は、画像の投影方式が中心投影ではなく、スリットカメラのような投影方式となるため、標定要素を時間の関数として計算を行う。画像データは、通常データ量が膨大であり、一括して

マッチングを行うことはメモリーや時間等の制約上無理がある。また、対応点の探索時に迷走を防止するという理由からも一括処理は行わないことが望ましい。そこで、ステップ4に示すように、解析領域を1度に処理する複数の単位（これをパッチと呼ぶ）に分割し、後述するマッチングの処理はパッチ毎に独立して行えるようにする。

次にステップ5に示すように、左右画像の対応点を求めていくのに先立って、画像をモデル座標系のXY平面上に投影して、偏位修正を行う。こうすると、左右画像の対応点は、常に同一のY座標をもつため、対応点を探索する際にX軸の一次方向にのみ探索すればよく、マッチングの処理が容易となる。

後述するような面積相関法を用いたマッチングにおいては、画像の高周波部が投影歪のために雑音化され、相関を低下させてしまい、精度の良いマッチングを行うことができないので、ステップ6に示すように、画像を予め狭域な帯域フィルタであるラプラシアン・ガウスフィルタ（L/Gフィルタ）に通しておいて、投影歪の影響を抑えることにより、マッチングの収束性を高めておく。具体的には、偏位修正後の画像に対して、周波数特性の異なる3種類のL/Gフィルタをかけ、低周波数から高周波数へ変化する3種類の画像を作成する。そして、マッチングを行う際に、最初、低周波数の画像を用いて粗いマッチングを行い、その結果を考慮しながら次第に周波数が高い画像を用いてマッチングを行い、対応点の位置を収束させていく。

次に、ステップ7に示すように、低周波から高周波へ移る各段階のフィルタリング画像を4、2、1が画素毎にサンプリングして縮納したパッチ画像を作成する。以後のマッチングは、これらの縮納したパッチ画像を用いて行う。それから、ステップ8に示すように、各段階の縮納パッチ画像の左画像上に、8画素間隔で格子点を配置する。後述するコンピュータによるマッチングでは、この左画像の格子点に対応する右画像の対応点の探索を行う。オリジナル画像上での格子点の配置を第2図に示している。

次に、ステップ9に示すように、第1段階のマッチングでは、平均標高Hの平坦地形と仮定し、画像上に格子点を配置しマッチングを行う。次の段階では、各格子点で求められたX視差からX軸方向の投影歪をなくすように左右画像をリサンプリングする。

ここで、コンピュータを用いてステレオ画像から3次元情報を得る際に最も重要となる問題は、いかにして左右の画像の対応点を正確にみつめていくかということである。現在一般的に知られている左右画像の対応点の取得方法（ステレオマッチング手法）としては、次に示す3種類の手法に大別することができる。

A. 濃度分布の面積相関

左右画像の有限部分の濃度分布の類似性を比較する。

通常は左右画像の相関を計算して最大点を見出す。

B. 特徴のマッチング

左右画像から特徴（feature）を抽出して記号化し、それを対応付ける。

C. 分割画像同志のマッチング

画像を何らかの特性によって類似部分に分割し、分割画像毎に対応付ける。類似性を表す特性としては、一様なテクスチャ部分、エッジの輪郭、カラー画像であれば同色部分などを用いる。

10 前述の3種類の手法のうち、A.項の面積相関法は、最も古くからステレオに限らずいろいろなパターンマッチングに用いられている。具体的には、左画像上に正方形の相関窓をとり、これをテンプレートとして右画像上に定めた探索窓内を動かして、最も一致度の良い対応点を探索する。従って、マッチングさせる画像は、テクスチャが豊富であることが必要とされる。写真測量では、扱う画像が比較的テクスチャが豊富な航空写真画像であることが多いこと、また実用という観点から面積相関は扱いやすい手法であることから、専らこの方法が用いられてきている。

この面積相関については、相関の尺度を工夫して、ピークの感度を向上させ、且つ信号雑音比の低い画像でも安定してマッチングできるようにしようという研究が比較的多くなされている。

画像関数および雑音の相関関数が分かっているときには、適合フィルタによる手法を用いることができる。

$n(x)$ を白色雑音、 $f(x)$ を左画像の信号としたとき、

$$g(x) = f(x) + n(x)$$

30 の関係があるとする。このとき、適当な線形フィルタ $h(x)$ を $g(x)$ に通したときの出力

$$\int_{-\infty}^{+\infty} h(u) g(x-u) du$$

の信号対雑音比が $x=a$ で最大となるようにするには、

$$h(x) = f(a-x)$$

とすればよい。これは、通常の相互相関

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(u) g(u+\Delta x) du$$

40

が最大の信号対雑音比を与えることを意味する。このことが、マッチングの基準に相互関係が多く用いられる根拠であり、本発明の実施例でもこの面積相関法を用いている。

ステップ10に進んで、コンピュータにて相互相関係数による左右対応点の探索を行うのであるが、これは、第3図に示すように、ステップ9にてリサンプリングを終えたパッチ上の格子点の回りに相関窓を設定することにより行われる。この相関窓を右パッチ上に設けた探索窓内で動かし（X方向）、最大相関を与える対応点を探索

50

7

する。マッチングの基準としては、相互相関係数を用いる。

相関窓の大きさは、16*16画素とし、左右パッチ上の

$$R(t) = \frac{\sum \sum (a(i, j) * b(i, j+t))}{\sqrt{\sum \sum (a(i, j))^2} \sqrt{\sum \sum ((i, j+t))^2}}$$

(t : x 方向の位置のずれ)

探索幅は、第1段階では±16画素、第2、3段階では±3画素とした。

このステレオマッチングの段階でミスマッチングが起こった場合、次の段階でのマッチングに悪影響を及ぼし、マッチングが迷走してしまう。そこで、ステップ11に示すように、突発的なミスマッチングを除去し、比高の急変部分のエッジを保つフィルタ特性を持つメディアン・フィルタでX視差をフィルタリングする。

このようにして、ステレオマッチングについては、全てコンピュータを用いて自動的に行われていくのであるが、結果は全て正しいとはいえない場合がある。そこで、本システムでは、ステップ12に示すように、これらの修正処理をグラフィックディスプレイ上（ステレオ画像の対応点を画像上に出力）に出力し、これをオペレータがモニターしながら修正する。

本システムでは、このようなステレオマッチングのオペレーション方法としては、次の3つのモードで行われる。

A. モード1……一括処理モード（平坦地適応）

モデル単位で一括処理によるステレオマッチングの計算を行い、マッチングの良否を示す相関係数、残差自乗和によってマッチングの良くない箇所のみについてグラフィックディスプレイ上に対応点を出力し、オペレータがこれをチェックしマッチング異常が発生している対応点については、オペレータが大体の位置をカーソルによって指定し、再度ステレオマッチングの計算を行い対応点の計算をしない。

B. モード2……単点処理モード（急峻地適応）

各単点単位でステレオマッチングの計算を行い、グラフィックディスプレイ上に対応点を出力し、オペレータがこれをチェックし、マッチング異常が発生している対応点については、オペレータが大体の位置をカーソルによって指定し、再度ステレオマッチングの計算を行い対応点の計算をしない。

C. モード3……地域処理モード（平坦地と急峻地の複合した地域に適応）

予め平坦地と急峻地（陰影部）の区別を画像処理（濃度スライス、最尤法等）又は、オペレータによって区分し、この区分結果をもとに一括処理モードを先ず行い、次に、単点処理モードによって陰影部の処理を行う。

この点さらに詳述すると、パッチ画像に対してステッ

8

相関窓および探索窓に含まれる画素の濃度値をそれぞれ $a(i, j)$ 、 $b(i, j)$ ($i, j=1, 2, \dots, 16$) で表すと、

10 プ5にて偏位修正、ステップ6にてフィルタリングが施され、ステップ10にて、左右対応点の探索が行われる。このとき、ディスプレイ装置上には、第4図に示すように、左右の偏位修正画像が表示される。そして、探索が行われた対応点の位置がディスプレイ装置上に点滅表示（ブリンク）される。一括処理モードの如く、処理が異常点のみチェック処理ならば、対応点の探索結果が異常と判定された時のみ、“OK”、“NO”の表示が出力され、オペレータは対応点の位置の正否を指定する。“OK”を指定すると、次の格子点へ進む、単点処理モードの如く、処理が全点チェック処理ならば、対応点が探索されると、“OK”、“NO”の表示が出力され、オペレータは対応点の位置の正否を指定する。“OK”を指定すると、次の格子点へ進む。すべての格子点の対応点が求まると、ステップ12の対応点チェック処理へ移る。そして、すべてのパッチが終了すると、ステップ14のDTM出力処理へ移る。

ステップ12での対応点チェック処理においては、部分的にマッチングがうまく行われていない場合には次のような原則にしたがって、処理する。先ず、左右の画像パターンがほとんど無く、実体視が不可能で計測ができないと判断される場合には、計測を行わない。左右の画像パターンはあるが、計測ポイントが不良（ハレーション、影等が片側の写真のみで写っている）と判断され且つ近くの別の場所では対応がとり易いと判断される場所がある場合、左側の計測点をマウスで指定し右側の対応点ゾーンを指定する。すなわち、ステップ13からステップ10へ戻って、指定された地点のマッチング計算処理を再度コンピュータ側で行い、この結果をモニター上に表示し再度チェックする。この第1回目に表示される対応点40もオペレータが視差差が大き過ぎて全面的におかしいと判断する場合には、左右画像上には対応点がないものと判断して、オペレータは、ステップ6の1段階目より低周波のL/Gフィルタリングへと戻るようにする。また、局所的（地域的）にマッチング処理がうまく行われていない場合には、次のような原則にしたがって、処理する。マッチング探索領域が不良のためミスマッチングが連続的に発生していると判断されるので、ミスマッチングのスタートポイントおよびミスマッチング領域をマウスで指示し、右画像上のスタートポイントの対応点ゾーンを指示し、スタートポイントから再度マッチング処理

を行う。

より具体的には、対応点位置の正否で“NO”を指定していた場合は、第4図の下方に示すように、マウスにより右画像上の正しい対応点の位置を指定する。位置指定が終わったならば、“OK”をマウスで指定する。こうして、パッチ内のすべての対応点の位置が求まったならば、第5図に示すように、ディスプレイ装置上に格子点とその対応点が表示される。そのまま良ければ、マウスで“OK”を指定する。“OK”を指定すると、処理は次のパッチへ進む。修正を行いたいならば、マウスで“NO”

を指定する。“NO”を指定したならば、修正を行う方法をマウスで指定する。“全点やり直し”ならば、パッチ内の対応点の探索を初めからやり直す。“1点ずつやり直し”ならば、1点ずつ修正を加える。

“1点ずつやり直し”処理の場合には、第6図に示すように、修正を行いたい点について、初めに左画像上の格子点の位置をマウスで指定する。次に、右画像上の対応点の位置をマウスで指定する。他の点に対して修正を

行うならば、“次の点”をマウスで指定する。修正が終わりならば、“終り”をマウスで指定する。処理は、対応点チェック処理へ再び戻る。

単点モードの場合には、第7図に示すように、パッチ画像に対して偏位修正処理が施され、ディスプレイ装置上に左右の偏位修正画像が出力される。標高を求めたい点に対して、初めに左画像上の位置をマウスで指定し、次に右画像上の位置をマウスで指定する。位置の指定が終わったら、マウスで次の処理を指定する。すなわち、

10 “次の点”を指定すれば、次の点の入力を行い、“終り”を指定すれば、次のパッチへ進む。こうして、すべてのパッチが終了したならば、処理は、ステップ14のDTMの出力へ進む。

ステップ14のDTMの作成においては、マッチング終了後、格子点ごとに求められていたX視差を用いて地上標高をコンピュータにより計算する。第8図において、点Pの地上座標を偏位修正後の写真座標で表すと、次の式の通りである。

$$\left. \begin{aligned} X_{GP} &= \frac{\alpha_{11} X_{C1} + \alpha_{12} Y_{C1} + \alpha_{13} \cdot (-C)}{X_{C1} - X_{C2}} \cdot B \cdot S + X_0 \\ Y_{GP} &= \frac{\alpha_{21} X_{C1} + \alpha_{22} Y_{C1} + \alpha_{23} \cdot (-C)}{X_{C1} - X_{C2}} \cdot B \cdot S + Y_0 \\ Z_{GP} &= \frac{\alpha_{31} X_{C1} + \alpha_{32} Y_{C1} + \alpha_{33} \cdot (-C)}{X_{C1} - X_{C2}} \cdot B \cdot S + Z_0 \end{aligned} \right\}$$

但し、B:撮影基線長

S:縮尺係数

C:画面距離

d_{ij} ($i=1, 2, 3; j=1, 2, 3$)

:モデル全体の回転行列

上式より各格子点の地上座標 (X_{GP}, Y_{GP}, Z_{GP}) が求まり、DTMを作成する。この地上点の集合は、ある程度規則的ではあるが地上座標系では正方格子を作らない。そのため、後の利用に便利なように、これらのランダム・メッシュを正方メッシュに内挿する。このようにして計測されたDTMは、ディスクに記録してファイル化しておく。

このようにしてファイル化された正方化メッシュ (DTM) を用いて、等高線図 (コンター図) や3次元鳥瞰図を作成することができ、また、これら正方化メッシュおよび画像データを用いて写真地図や3次元鳥瞰画像を作成することができる。

発明の効果

本発明の方法によれば、画像データからコンピュータによるステレオマッチングにより3次元情報を自動的に取得できるので、写真地図および鳥瞰画像等の3次元グラフィック処理を効率よく行うことができる上、従来ミスマッチングの修正時にコンピュータが迷走したりして長時間を徒過してしまっていたような問題も、オペレータが介入することにより半自動的にミスマッチングを修正できるようにしたので、解消できる。

【図面の簡単な説明】

第1図は、本発明の一実施例としての画像データを用いた半自動3次元計測システムのフローチャートを示す図、第2図は、オリジナル画像上での格子点の配置例を示す図、第3図は、ステレオマッチングにおいて使用する相関窓と探索窓との関係を説明するための図、第4図から第7図は、ステレオマッチングにおける対応点の探索およびチェックを行う手順の例を説明するための図、第8図は、DTMを求める式を説明するための図である。

50 1……A/D変換、2……座標計測、3……標定計算、4

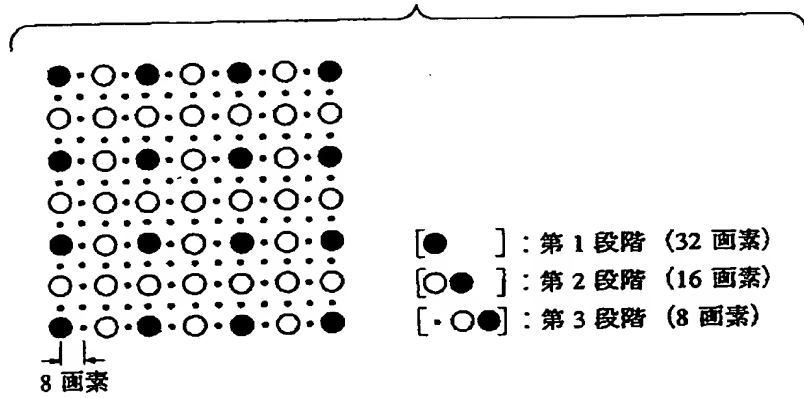
11

……パッチ分割、5……偏位修正、6……L/Gフィルタ
リング、7……サンプリング、8……格子点の配置、9
……左右画像のリサンプリング、10……左右対応点の探

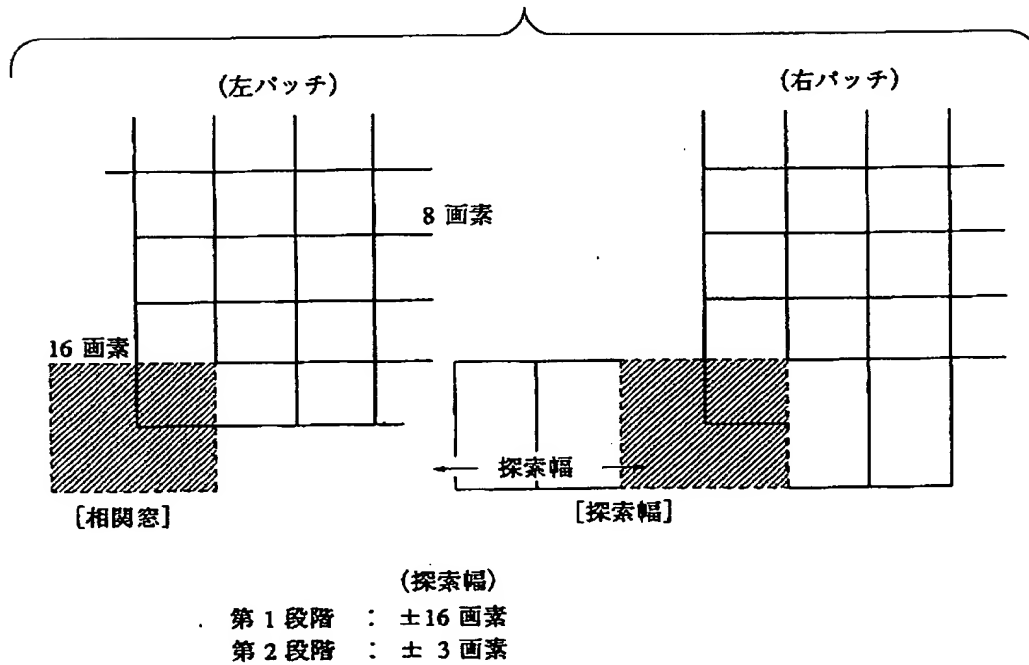
12

索、11……X視差のメディアンフィルタリング、12……
対応点のチェック、14……DTMの作成。

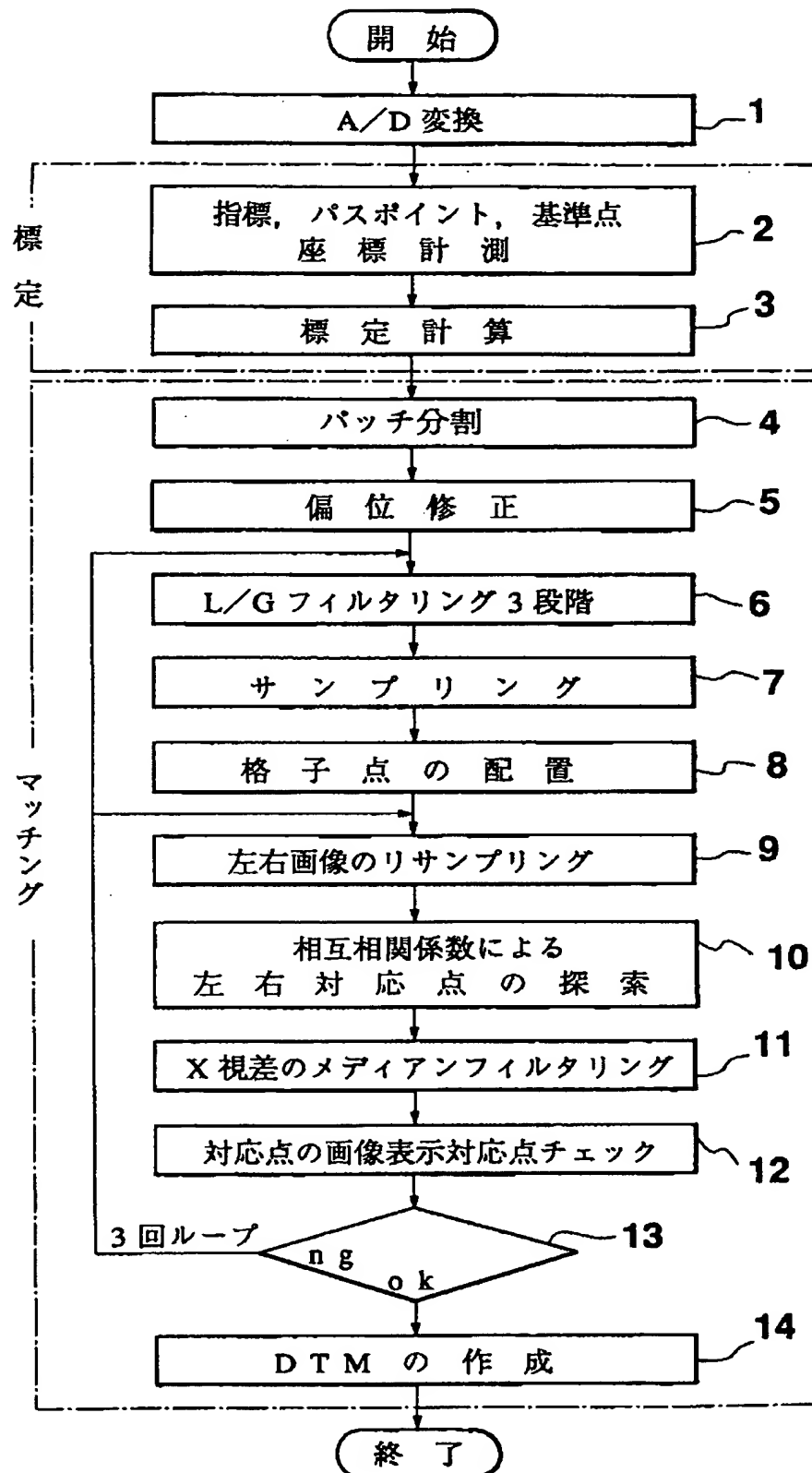
【第2図】



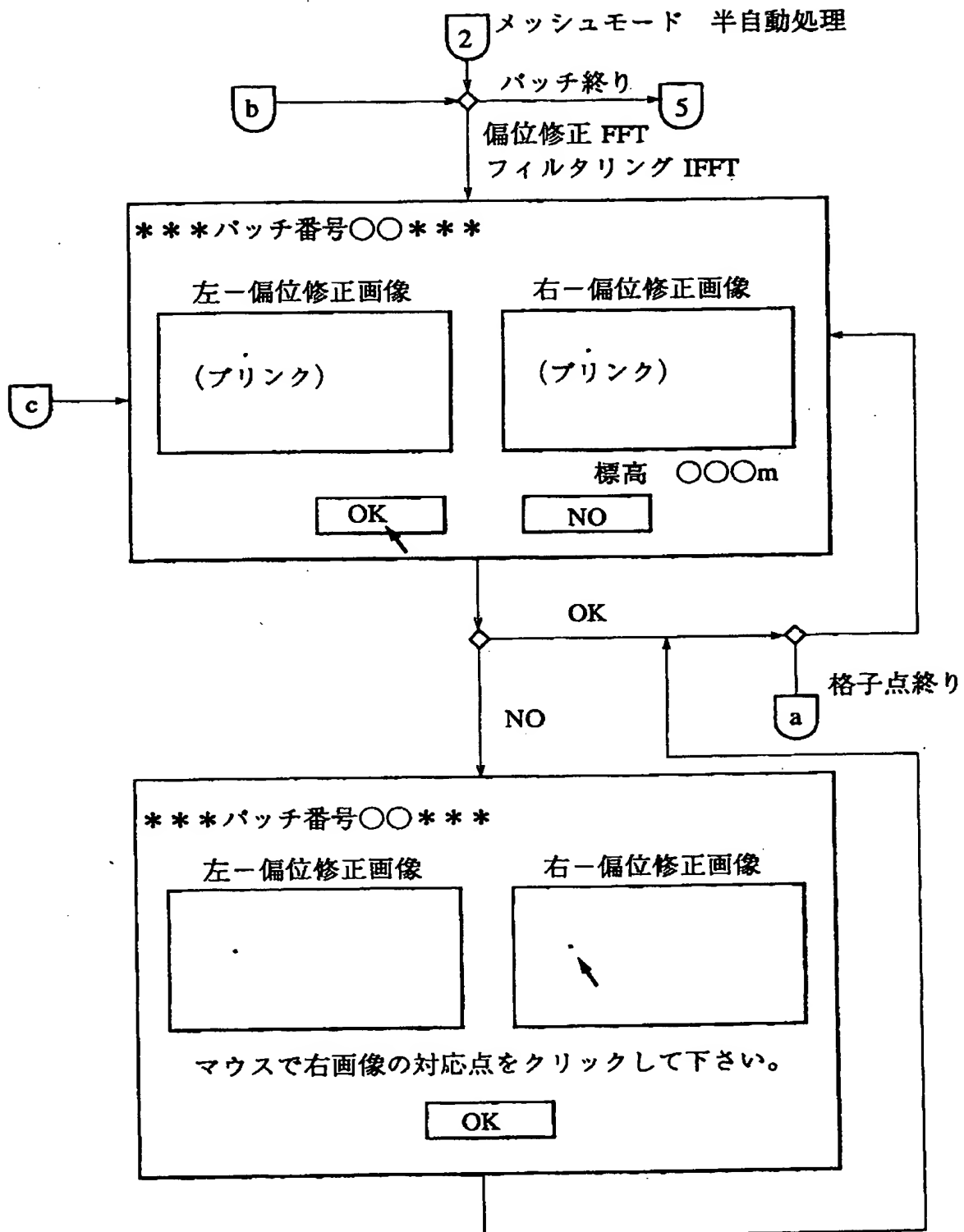
【第3図】



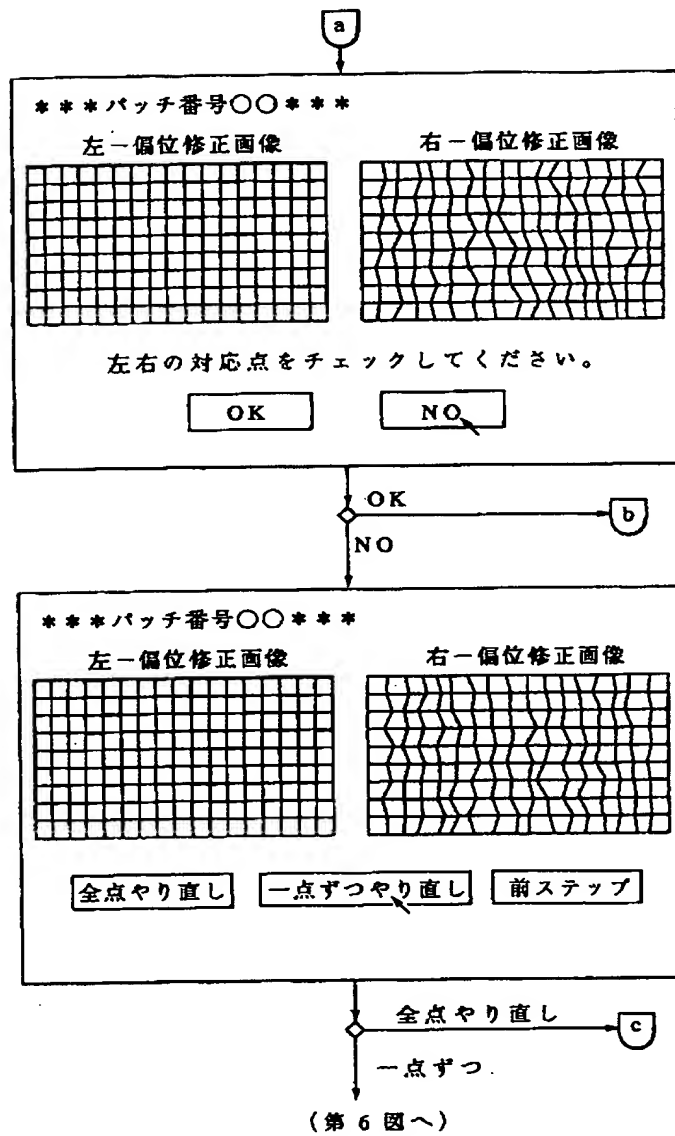
【第1図】



【第4図】

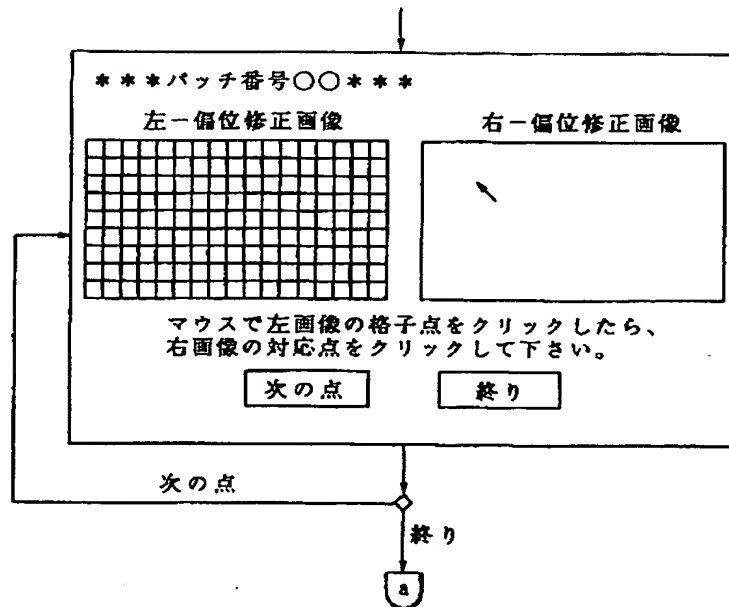


【第5図】

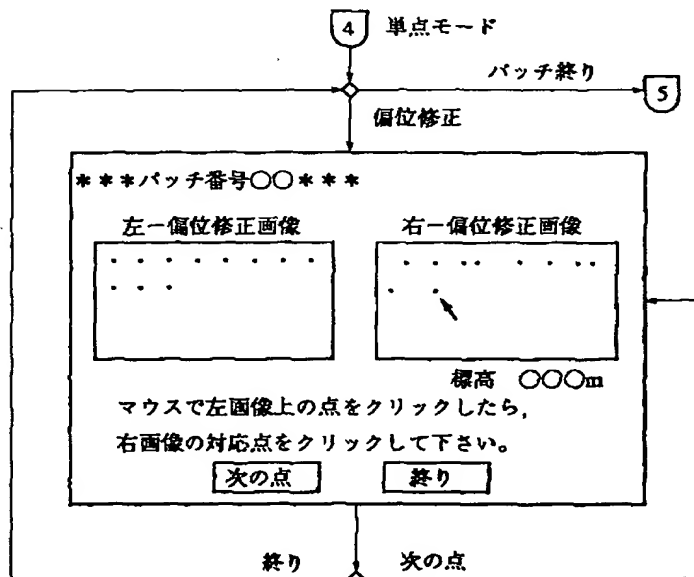


【第6図】

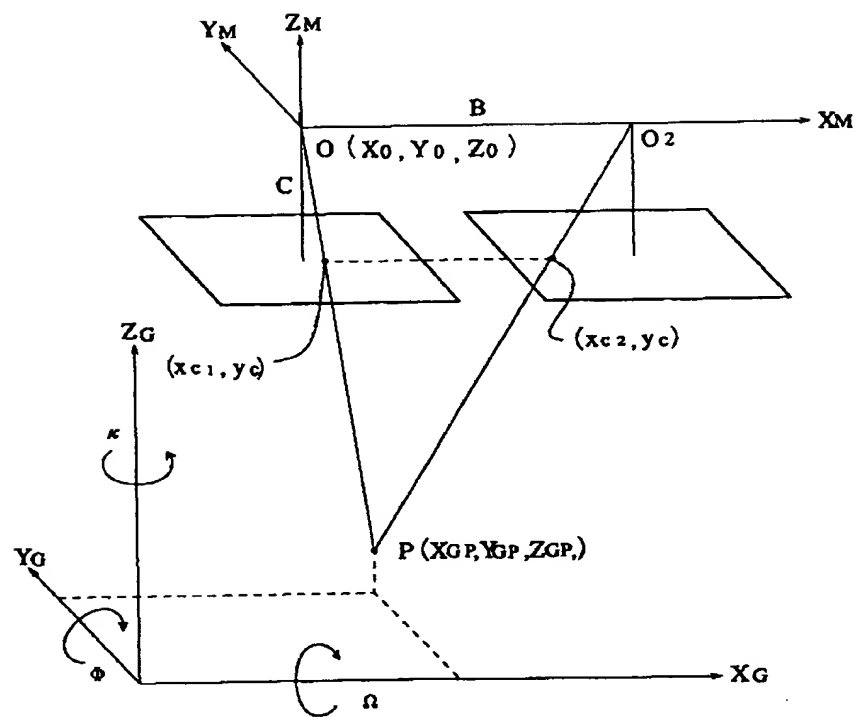
(第5図から)



【第7図】



【第8図】



フロントページの続き

(72) 発明者 池田 俊男

神奈川県厚木市愛名948-9 愛名グリーン
ンハイツ203号

(56) 参考文献 特開 昭61-209315 (JP, A)